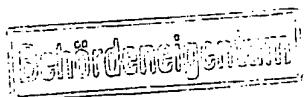


⑤

⑯ BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



DT 25 15 550 B 1

Auslegeschrift 25 15 550

⑯

Aktenzeichen: P 25 15 550.4-33

⑯

Anmeldetag: 9. 4. 75

⑯

Offenlegungstag: —

⑯

Bekanntmachungstag: 7. 10. 76

⑯

⑯ Unionspriorität:

⑯ ⑯ ⑯

⑯ Bezeichnung: Korpuskularstrahloptisches Gerät zur Abbildung einer Maske auf ein zu bestrahlendes Präparat

⑯ Anmelder: Siemens AG, 1000 Berlin und 8000 München

⑯ Erfinder: Koops, Hans, Dipl.-Phys. Dr.rer. nat., 6101 Nieder-Ramstadt

⑯ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

US 22 67 714
Optik, Bd. 36, H. 1, 1972, S. 93-110

DT 25 15 550 B 1

Patentansprüche:

1. Korpuskularstrahloptisches Gerät zur Abbildung einer Maske auf ein zu bestrahendes Präparat mit einer Strahlquelle, einem Kondensorlinsensystem, einem Stigmator, einem magnetischen Feldlinsensystem, in dem die Maske angeordnet und von zueinander parallelen Korpuskelbahnen durchsetzt ist, und einer magnetischen Projektivlinse, die das Bild der Maske in der Ebene des Präparats erzeugt, dadurch gekennzeichnet, daß das Kondensorlinsensystem (4) eine elektrostatische Linse ist, die über einen Spannungsteiler (14) in Abhängigkeit von der Beschleunigungsspannung (U) der Strahlquelle (2) erregt ist.

2. Korpuskularstrahloptisches Gerät nach Anspruch 1, dem im Strahlengang ein aus einer Objektivlinse, einem Zwischenbildleuchtschirm, einer elektrostatischen Projektivlinse und einem Endbildleuchtschirm bestehendes Korpuskularstrahlmikroskop folgt, wobei die Objektivlinse mit der magnetischen Projektivlinse des Gerätes zu einem magnetischen Einfeld-Kondensorobjektiv vereinigt ist, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens vier Detektoren (13, 23) für die in den Randbereich des Zwischenbildleuchtschirmes (8) fallenden Korpuskeln, die durch Öffnungen in den Randbereichen der Maske gefallen sind, vorgesehen sind.

3. Korpuskularstrahloptisches Gerät nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß den Detektoren (13, 23) Hilfs-Abbildungssysteme (11) mit elektrostatischen Linsen vorgeschaltet sind, die entsprechende Randteile des Zwischenbildes auf die Detektoren (12, 23) abbilden und die von der Beschleunigungsspannung (U) der Strahlquelle (2) abhängig erregt sind.

4. Korpuskularstrahloptisches Gerät nach Anspruch 3 mit Detektoren, die auf der Achse der Hilfs-Abbildungssysteme angeordnet sind und jeweils ein elektrisches Ausgangssignal liefern, dadurch gekennzeichnet, daß die Hilfs-Abbildungssysteme (11) jeweils ein mit Wechselspannung gespeistes Ablenksystem (21) enthalten.

5. Korpuskularstrahloptisches Gerät nach Anspruch 2, 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Projektivlinse(n) (9) des Korpuskularstrahlmikroskops (7) über einen Spannungsteiler (14) in Abhängigkeit von der Beschleunigungsspannung (U) der Strahlquelle (2) erregt sind.

6. Korpuskularstrahloptisches Gerät nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß in der Mitte des Endbildleuchtschirmes (10) ein elektrisches Ausgangssignal liefernder Detektor (22) sowie zwischen Zwischenbildleuchtschirm (8) und Endbildleuchtschirm (10) ein mit Wechselspannung gespeistes, senkrecht zur Geräteachse (16) wirkendes Ablenksystem (20) angeordnet ist.

7. Korpuskularstrahloptisches Gerät nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß in der Nähe der Eintrittspupille des Einfeld-Kondensorobjektivs (6) ein Astigmatismus-Detektor (4) in Form eines Sektoringes angeordnet ist, wobei den einzelnen Sektoren Löcher (O) in einem die Maske (M) umgebenden Maschenhalter (24) optisch entsprechen.

5 Die Erfindung bezieht sich auf ein korpuskularstrahloptisches Gerät zur Abbildung einer Maske auf ein zu bestrahendes Präparat mit einer Strahlquelle, einem Kondensorlinsensystem, einem Stigmator, einem magnetischen Feldlinsensystem, in dem die Maske angeordnet und von zueinander parallelen Korpuskelbahnen durchsetzt ist, und einer magnetischen Projektivlinse, die das Bild der Maske in der Ebene des Präparats erzeugt.

10 Ein derartiges Gerät, das beispielsweise zur Herstellung von Mikroschaltungen auf Halbleiterplättchen dient, ist in Form eines elektronenoptischen Verkleinerungsgerätes aus der Zeitschrift »Optik«, Bd. 36 (1972), Seiten 93 bis 110, bekannt. In diesem 15 Gerät besteht das Kondensorlinsensystem aus einer einzigen magnetischen Linse. Als Feldlinsensystem ist ebenfalls eine magnetische Linse vorgesehen, in deren Feldmitte sich das Präparat befindet.

Ferner ist aus der deutschen Offenlegungsschrift 2332091 ein elektronenoptisches Verkleinerungsgerät bekannt, bei dem das Kondensor- und das Feldlinsensystem aus je zwei magnetischen Linsen bestehen. Zwischen den beiden Feldlinsen verlaufen die Elektronen auf zueinander parallelen Bahnen.

25 Bei den bekannten Geräten ist eine optimale Abbildung der Maske in der Präparatenebene nur dann möglich, wenn das durch das Kondensorlinsensystem erzeugte, verkleinerte Quellenbild durch das Feldlinsensystem in die Ebene kleinsten Fehlers, insbesondere 30 die verzeichnungs- und farbfehlerfreie Ebene der magnetischen Projektivlinse, die die Maske auf das Präparat abbildet, übertragen wird.

Bei den bekannten Geräten ist die Übertragung des verkleinerten Quellenbildes in die genannte Ebene der magnetischen Projektivlinse bei verschiedenen Einstellungen der Erregungen von Kondensor- und Feldlinsensystem möglich. Diese Einstellungen haben unterschiedliche Bildfehler für das Bild der Maske auf dem Präparat zur Folge, je nach Lage des vom Feldlinsensystem entworfenen Bildes der Quelle relativ zur Projektivlinse, da sich die Bildfehler der Feldlinse bei einer Änderung der Erregung dieser Linse ebenfalls verändern. Es gibt eine Einstellung der Erregung von Kondensor- und Feldlinsensystem, bei der die Bildfehler minimal sind, d. h. die Güte der Abbildung besonders hoch ist. Diese Einstellung ist dadurch aus- 45 gezeichnet, daß

1. das Quellenbild durch das Kondensorlinsensystem in die Brennebene der ersten Hälfte des magnetischen Feldlinsensystems übertragen wird und

2. die Brennebene der zweiten Feldhälfte des magnetischen Feldlinsensystems mit der Ebene kleinsten Fehlers des Projektionslinsensystems aus Feldlinsen- und Projektivlinsenfeld zwischen Maske und Präparat identisch ist.

Bei den bekannten Geräten erfordert die Einstellung der Erregung des Kondensor- und des Feldlinsensystems in der beschriebenen optimalen Weise einen erheblichen Aufwand. Es ist nämlich in der Regel erforderlich, durch gleichzeitiges Verändern der Erregung der beiden Linsensysteme die optimale Einstellung zu finden bzw. wiederherzustellen. Das Auffinden dieser Einstellung gestaltet sich insbesondere deshalb schwierig, weil die Änderungen der Linsenerregungen infolge der unterschiedlichen Brennweiten dieser Linsensysteme mit unterschiedlichem Gewicht vorzunehmen sind.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein korpuskularstrahloptisches Gerät der eingangs genannten Art zu schaffen, bei dem die Optimierung der Abbildung in einfacher Weise möglich ist. Die Lösung dieser Aufgabe besteht gemäß der Erfindung darin, daß das Kondensorlinsensystem eine elektrostatische Linse ist, die über einen Spannungsteiler in Abhängigkeit von der Beschleunigungsspannung der Strahlquelle erregt ist. Ein derartiger Kondensor hält die Ebene, in der er das verkleinerte Abbild der Quelle erzeugt, unabhängig von der Beschleunigungsspannung fest; der Abstand dieser Ebene von der Mitte des Feldlinsensystems, d. h. der Maskenebene, kann durch einmalige Einstellung der Kondensorerregung gleich dem Abstand der Maskenebene von der Ebene kleinsten Bildfehler des Projektionslinsensystems gewählt werden. Auf diese Weise ist es möglich, bei späteren Korrekturen die Einstellung einer optimalen Abbildung lediglich durch Veränderung der Erregung des Feldlinsensystems vorzunehmen.

Ein ionenoptisches Gerät, bei dem elektrostatische Linsen über einen Spannungsteiler in Abhängigkeit von der Beschleunigungsspannung erregt sind, ist an sich aus der US-PS 2267714 bekannt.

Aus der eingangs genannten ersten Literaturstelle ist es ferner bekannt, zur Kontrolle des Maskenbildes in der Präparatenebene ein Elektronenmikroskop vorzusehen, das sich in seinem Strahlengang dem elektroenoptischen Verkleinerungsgerät anschließt. Das Korpuskularstrahlmikroskop besteht aus einer Objektivlinse, einem Zwischenbildleuchtschirm, einer elektrostatischen Projektivlinse und einem Endbildleuchtschirm; die Objektivlinse ist dabei mit der magnetischen Projektivlinse des Gerätes zu einem magnetischen Einfeld-Kondensorobjektiv vereinigt. In diesem Fall können vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung vorgenommen werden. Sie bestehen zum einen darin, daß wenigstens vier Detektoren für die in den Randbereich des Zwischenbildleuchtschirms fallenden Korpuskeln vorgesehen sind. Die Korpuskeln bilden Randteile der Maske ab, in denen z. B. definierte Prüfföpfnungen vorgesehen sein können. Aus dem mit diesen Detektoren aufgenommenen Signalen lassen sich die außeraxialen Bildfehler, insbesondere die Verzeichnung der Abbildung, bestimmen. Damit ergibt sich die Möglichkeit, in geeigneter Weise die Erregung des Feldlinsensystems zu ändern und damit die Bildfehler zu kompensieren. Mit Hilfe des in der beschriebenen Weise modifizierten Korpuskularstrahlmikroskops ist die Fehlerkorrektur in kurzer Zeit, z. B. während eines Präparatwechsels, möglich.

Die genannten Detektoren können z. B. als Leuchtschirme, Szintillatoren, als Faradaykäfige oder als Halbleiter-Detektoren ausgebildet sein. Sie können unmittelbar im Randbereich des Zwischenbildleuchtschirms liegen. Den Detektoren können aber auch Hilfs-Abbildungssysteme mit elektrostatischen Linsen vorgeschaltet sein, die entsprechende Randteile des Zwischenbildes auf die Detektoren abbilden und die von der Beschleunigungsspannung der Strahlquelle abhängig erregt sind. Eine derartige Anordnung führt zu einer Verstärkung der von den Detektoren gelieferten Signale und damit zu einer präzisen Angabe über den Verzeichnungszustand der Abbildung; diese Angabe ist unabhängig von der Beschleunigungsspannung.

Unter der Verzeichnung ist bekanntlich ein rotationssymmetrischer Abbildungsfehler zu verstehen,

demzufolge ein Quadrat mit nach innen gewölbten Seiten (kissenförmige Verzeichnung) bzw. nach außen gewölbten Seiten (tonnenförmige Verzeichnung) abgebildet wird. Bei Auftreten einer Verzeichnung der korpuskularstrahloptischen Abbildung ist der Abstand der von den Hilfs-Abbildungssystemen in den Ebenen der zugehörigen Detektoren erzeugten Bildpunkte von der optischen Achse des Gerätes verändert. Verwendet man Detektoren, die jeweils ein elektrisches Ausgangssignal liefern (z. B. Halbleiter-Detektoren), und ordnet diese Detektoren auf der Achse der Hilfs-Abbildungssysteme an, so kann eine weitere Ausgestaltung des erfindungsgemäßen korpuskularstrahloptischen Gerätes vorgenommen werden. Diese besteht darin, daß man jedes Hilfs-Abbildungssystem mit einem jeweils mit Wechselspannung gespeisten elektrostatischen oder magnetischen Ablenksystem versieht. Die Detektoren liefern dann ein sinusförmiges Signal, das in einfacher Weise verarbeitet werden kann.

Bei der aus dem erfindungsgemäßen korpuskularstrahloptischen Verkleinerungsgerät und dem nachfolgenden Kontroll-Korpuskularstrahlmikroskop bestehenden Anordnung kann eine vorteilhafte Weiterbildung darin bestehen, daß die Projektivlinse des Korpuskularstrahlmikroskops über einen Spannungsteiler in Abhängigkeit von der Beschleunigungsspannung der Strahlquelle erregt ist. Statt mit einer Projektivlinse kann das Kontroll-Korpuskularstrahlmikroskop auch mit mehreren hintereinanderliegenden elektrostatischen Projektivlinsen versehen sein, die in entsprechender Weise erregt sind. Auf dem Endbildleuchtschirm läßt sich damit eine objektive, d. h. vom momentanen Wert der Beschleunigungsspannung unabhängige Bestimmung der Schärfe der Maskenabbildung in der Präparatenebene vornehmen.

Bei dem zuletzt beschriebenen Korpuskularstrahlmikroskop kann in der Mitte des Endbildleuchtschirms ein elektrisches Ausgangssignal liefernder Detektor sowie zwischen Zwischenbildleuchtschirm und Endbildleuchtschirm ein mit Wechselspannung gespeistes, senkrecht zur Geräteachse wirkendes elektrostatisches oder magnetisches Ablenksystem angeordnet sein. Damit ist es möglich, das auf dem Endbildleuchtschirm erzeugte Bild auszulenken und so in bekannter Weise die Bildschärfe zu bestimmen. Dazu wird das Detektorsignal frequenzanalysiert; die Höhe der maximalen auftretenden Frequenz ist ein Maß für die Schärfe des Bildes (DT-PS 1108347).

Bei dem erfindungsgemäßen Gerät ist es vorteilhaft, den Astigmatismus der Abbildung zu kompensieren, bevor die Erregung des elektrostatischen Kondensors bzw. der Feldlinse hinsichtlich minimaler Bildfehler und größtmöglicher Bildschärfe justiert wird. Dazu dient der eingangs genannte Stigmator zwischen dem Kondensorlinsensystem und dem magnetischen Feldlinsensystem. Die Bestimmung des Astigmatismus der Abbildung kann bei dem erfindungsgemäßen Gerät mit Vorteil mit einem in der Nähe der Eintrittspupille des Einfeld-Kondensorobjektivs angebrachten Detektor in Form eines Sektoringes erfolgen, dessen einzelnen Sektoren Löcher in einem die Maske umgebenden Maskenhalter optisch zugeordnet sind. Ein zwei- und/oder dreizähliger Astigmatismus der Abbildung hat zur Folge, daß die durch die Löcher auf den Sektoringen erzeugte Beleuchtungsfigur in charakteristischer Weise verändert ist. Dies wird im folgenden an Hand der Figuren er-

läutert.

In den Figuren ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt. Es zeigt

Fig. 1 ein korpuskularstrahloptisches Gerät zur Abbildung einer Maske auf ein zu bestrahendes Präparat,

Fig. 2 den Strahlengang des Gerätes von Fig. 1,

Fig. 3 eine Variante des Gerätes von Fig. 1,

Fig. 4 einen Astigmatismus-Detektor,

Fig. 5a, 5b die sich auf dem Astigmatismus-Detektor ergebenden Belichtungsfiguren im Falle eines zwei- oder dreizähligen Astigmatismus.

Fig. 1 zeigt ein elektronenoptisches Verkleinerungsgerät 1 zur Abbildung einer Maske M auf einem Präparat P. Es weist eine aus einer Kathode 2a und einer Anode 2b bestehende Strahlquelle 2, eine Aperturblende 3, einen elektrostatischen Kondensor 4, eine magnetische Feldlinse 5, in deren Mittel ebene die Maske M liegt, und ein magnetisches Einfeld-Kondensorobjektiv 6 auf, dessen erste Feldhälfte als Projektivlinse dient.

Dem Verkleinerungsgerät 1 folgt in seinem Strahlengang ein Elektronenmikroskop 7. Dieses besteht aus dem Einfeld-Kondensorobjektiv 6, dessen zweite Feldhälfte als Objektivlinse dient, einem Zwischenbildleuchtschirm 8, einer elektrostatischen Projektivlinse 9 und einem zentralen Endbildleuchtschirm 10. Neben diesem sind im Abstand von 90° symmetrisch zur Achse 16 weitere vier Endbildleuchtschirme 13 mit gekippter Achse vorgesehen, von denen in der Figur lediglich zwei dargestellt sind. Auf den Leuchtschirmen 13 werden Elektronen, die definierte Prüfföffnungen V der Maske M durchsetzen und die in den Randbereich des Zwischenbildleuchtschirms 8 fallen, jeweils punktförmig fokussiert; im Falle einer verzeichnungsfreien Abbildung der Maske M in der Präparatenebene 12 liegen diese Punkte jeweils im Zentrum Z der Endbildleuchtschirme 13. Zu dieser Fokussierung sind vier den Endbildleuchtschirmen 13 zugeordnete Hilfs-Abbildungssysteme 11 zwischen dem Zwischenbildleuchtschirm 8 und den Endbildleuchtschirmen 13 angebracht, von denen in der Figur ebenfalls nur zwei zu sehen sind. Die Hilfs-Abbildungssysteme sind ebenfalls als elektrostatische Linsen ausgebildet.

Sämtliche elektrostatischen Linsen, d. h. der Kondensor 4 sowie die Projektivlinse 9 bzw. die elektrostatischen Linsen der Hilfs-Abbildungssysteme 11, sind in Abhängigkeit von der Beschleunigungsspannung U der Strahlquelle 2 erregt; die Spannung U besitzt einen Wert von z. B. 30 kV. Dazu dient ein Spannungsteiler 14, an den die als Einzellinsen ausgebildeten elektrostatischen Linsen 4, 9, 11 angeschlossen sind.

Der Strahlengang des in Fig. 1 dargestellten elektronenoptischen Verkleinerungsgerätes 1 ist in Fig. 2 gezeigt. Dabei sind die Abstände der Strahlen von der Achse 16 vergrößert wiedergegeben. Der Kondensor 4 überträgt den Crossover Q_0 der Strahlquelle 2 verkleinert in die Ebene E_1 , deren Lage sich auf Grund des elektrostatischen Prinzips auch bei einer Änderung der Beschleunigungsspannung U nicht ändert. Diese Ebene entspricht der Brennebene der ersten Hälfte der magnetischen Feldlinse 5. Die Feldlinse 5 überträgt das in der Ebene E_1 vorliegende Quellenbild Q_1 in die Brennebene E_1' ihrer zweiten Feldhälfte, wobei sie die Maske M gleichmäßig, d. h. mit zueinander parallelen Elektronenbahnen, aus-

leuchtet. Das in dieser Ebene vorliegende Quellenbild Q_1' stellt die Eintrittspupille des Einfeld-Kondensorobjektivs 6 dar. Das Einfeld-Kondensorobjektiv 6, dessen Ebene kleinster Fehler mit der Ebene E_1' zusammenfällt, überträgt das Quellenbild Q_1' in eine Ebene E_2 . Wie aus dem Verlauf der eingezeichneten Strahlen 17, 18, 19 bzw. der diesen entsprechenden Strahlen 17', 18', 19' hervorgeht, bilden die Elektronen die Maske M in der Präparatenebene 12 des Verkleinerungsgerätes 1 ab.

Die Güte der Abbildung ist auf den Endbildleuchtschirmen 10, 13 zu erkennen. Dabei ist auf dem zentralen Endbildleuchtschirm 10 die Schärfe der Abbildung der Maske M auf die Präparatenebene 12 an Hand der Größe und Helligkeit der Bildpunkte zu beurteilen, während auf den Leuchtschirmen 13 die außeraxialen Bildfehler der Abbildung zu erkennen sind. Von diesen sind die Verzeichnung, der Verdrehungs- sowie der Vergrößerungsfarbeehler von Bedeutung. Zur Bestimmung von Schärfe und Verzeichnung der Abbildung sind unterhalb der Projektivlinse 9 bzw. der Hilfs-Abbildungssysteme 11 elektrostatische Ablenksysteme in Form von Ablenkplattenpaaren 20, 21 sowie Halbleiter-Detektoren 22, 23 hinter zentralen Öffnungen Z der Leuchtschirme 10, 13 vorgesehen.

Die Ablenkplattenpaare 20, 21 liegen an einer Wechselspannung. Dies hat eine periodische Auslenkung der Bildpunkte auf den Endbildleuchtschirmen 10, 13 zur Folge. Tritt nun eine Verringerung der Bildschärfe, d. h. eine Verringerung der maximalen Helligkeit sowie eine Verbreiterung der Bildpunkte auf, so liefert ein unterhalb der zentralen Öffnung Z des Endbildleuchtschirms 10 angebrachter Halbleiter-Detektor 22 ein elektrisches Signal, aus dem die Bildschärfe bestimmt werden kann. Analysiert man nämlich das Signal nach Frequenzen, so ist z. B. die höchste auftretende Frequenz ein direktes Maß für die Bildschärfe.

Die unterhalb der Hilfs-Abbildungssysteme 11 vorgesehenen Ablenkplatten 21 dienen zur Bestimmung der Verzeichnung. Es sei eine tonnenförmige Verzeichnung angenommen. Die auf den Endbildleuchtschirmen 13 erzeugten Bildpunkte der Prüfföffnungen V befinden sich beispielsweise an der Stelle V außerhalb der zentralen Öffnung Z dieser Leuchtschirme. Die ebenfalls mit einer Wechselspannung beaufschlagten Ablenkplatten 21 führen den Bildpunkt über die zentrale Stelle Z der Leuchtschirme 13 hinweg. Die Halbleiter-Detektoren 23 liefern dann Wechselspannungssignale, die in einfacher Weise verarbeitet werden können; diese Signale sind nämlich dann am größten, wenn die Verzeichnung minimal ist. An Stelle der dargestellten elektrostatischen Ablenkelementen (Ablenkplattenpaare 20, 21) können auch magnetische Ablenkelemente vorgesehen sein.

Ferner ist es möglich, den Verdrehungs- und Vergrößerungsfarbeehler der Abbildung an Hand der Lage der Bildpunkte auf den Leuchtschirmen 13 zu bestimmen. Dazu wird die Beschleunigungsspannung U um einen definierten Wert, z. B. um 10 V, geändert. Liegen die Bildpunkte ursprünglich im Zentrum Z der Leuchtschirme 13, so werden sie im Falle eines noch nicht korrigierten Verdrehungsfarbeehler in einer bezüglich der Achse 16 des Mikroskops 7 tangentialen Richtung bzw. im Falle eines noch nicht korrigierten Vergrößerungsfarbeehler in einer zu dieser Achse 16 radialen Richtung ausgelenkt. Vorausset-

zung für die Kompensation des Verdrehungsfarfehlers ist dabei, daß das magnetische Feldlinsensystem, d. h. in Fig. 1 die Feldlinse 5, in dem die Korpuskeln nach Durchtritt durch die Maske M beeinflussenden Teil und die magnetische Projektivlinse, d. h. in Fig. 1 die erste Hälfte des Einfeld-Kondensorobjektivs 6, in entgegengesetztem Sinne erregt sind.

Wie bereits eingangs erwähnt, ist es möglich, an Stelle der in Fig. 1 gezeigten Feldlinse 5 ein aus mehreren magnetischen Linsen bestehendes Feldlinsensystem vorzusehen. Ein derartiges System 5' mit zwei Linsen 31, 32 ist in Fig. 3 schematisch dargestellt. Die Elektronen verlaufen zwischen den beiden Linsen 31, 32 auf zueinander parallelen Bahnen. Das in Fig. 3 gezeigte Ausführungsbeispiel bietet die Möglichkeit, durch Änderung der axialen Lage der Maske M relativ zur Mittelebene 33 des Feldlinsensystems 5' den Vergrößerungs- und Verdrehungsfarfehler zu kompensieren; die Kompensation des letztgenannten Fehlers erfordert dabei, wie oben erwähnt, eine Erregung der Linse 32 und der magnetischen Projektivlinse in entgegengesetzter Weise.

In Fig. 1 ist ferner ein Stigmator St dargestellt, mit dem der Astigmatismus der Feldlinse 5 kompensierbar ist. Der Nachweis dieses Bildfehlers erfolgt über einen Detektor A, der in der Ebene der Eintrittspupille des Einfeld-Kondensorobjektivs 6 angebracht ist. Dem Detektor A sind Öffnungen O in einem die Maske M umgebenden Maskenhalter 24 zugeordnet (vgl. den Verlauf der Randstrahlen 30, 30' in Fig. 2). Der Aufbau des Astigmatismus-Detektors A sowie die Gestalt des zugeordneten Maskenhalters 24 sind in Fig. 4 dargestellt.

Fig. 4 zeigt den Maskenhalter 24, an dessen Rand die Öffnungen O vorgesehen sind. Die Öffnungen O sind in gleichen Abständen voneinander konzentrisch zur optischen Achse 16 des Verkleinerungsgerätes 1 angebracht. Den Öffnungen O entsprechen Metallplättchen 25 am Rande des Astigmatismus-Detektors A. Im Falle einer astigmatismusfreien Abbildung der Maske M auf die Registrierebene 12 sind die auf jedes der Metallplättchen 25 auftreffenden Elektronenströme untereinander gleich.

Ein zwei- bzw. dreizähliger Astigmatismus der Ab-

bildung hat eine Änderung der gleichförmigen Be- strahlung der Metallplättchen 25 zur Folge. Die Be- stimmung des auf die Metallplättchen 25 auftreffenden Elektronenstromes beispielsweise mit Hilfe eines Strommeßgerätes 26, das nacheinander an die Metallplättchen 25 angeschlossen wird, liefert ein eindeutiges Signal für die Größe und Art des Astigmatismus. Dies ist an Hand der Fig. 5a, 5b verdeutlicht.

Fig. 5a zeigt die Bestrahlungsverhältnisse in der Ebene des Astigmatismus-Detektors A im Falle eines zweizähligen Astigmatismus. Die die Öffnungen O durchsetzenden Elektronenstrahlen treffen auf Stellen auf, die längs der eingezeichneten Linien 27 bzw. 28 angeordnet sind. Aus der Figur folgt, daß im Falle des zweizähligen Astigmatismus nur auf wenige, einander gegenüberliegende Metallplättchen 25 ein Elektronenstrom auftreift.

Die Beleuchtungsverhältnisse im Falle des dreizähligen Astigmatismus sind in Fig. 5b gezeigt. In der Ebene des Astigmatismus-Detektors A sind Punkte beleuchtet, die längs der eingezeichneten Linie 29 gelegen sind. Aus Fig. 5b folgt, daß der Astigmatismus-Detektor im wesentlichen an drei Stellen beleuchtet ist, die ein gleichseitiges Dreieck bilden.

Es sei erwähnt, daß der in Fig. 4 gezeigte Astigmatismus-Detektor A neben der Anzeige eines zweizähligen Astigmatismus sowie der vorgenommenen Korrektur dieser Bildfehler mit Hilfe des Stigmators St auch dazu dienen kann, eine Änderung der Beschleunigungsspannung U nachzuweisen. Ändert sich die Beschleunigungsspannung U, so hat dies zur Folge, daß – eine astigmatismusfreie Abbildung vorausgesetzt – auf den Metallplättchen 25 des Detektors A eine gleichmäßige Verringerung bzw. Vergrößerung des auftreffenden Elektronenstromes festgestellt werden kann. Dieser Elektronenstrom kann ferner dazu dienen, die Belichtungszeit des Präparats zu bestimmen, da die auf die Metallplättchen 25 auftreffende Stromdichte der auf dem Präparat P einfallenden Stromdichte proportional ist.

Die Anwendung der Erfindung kommt vor allem bei einem elektronenoptischen Verkleinerungsgerät in Frage. Sie kann jedoch auch bei ionenoptischen Be- strahlungsgeräten verwendet werden.

Hierzu 3 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

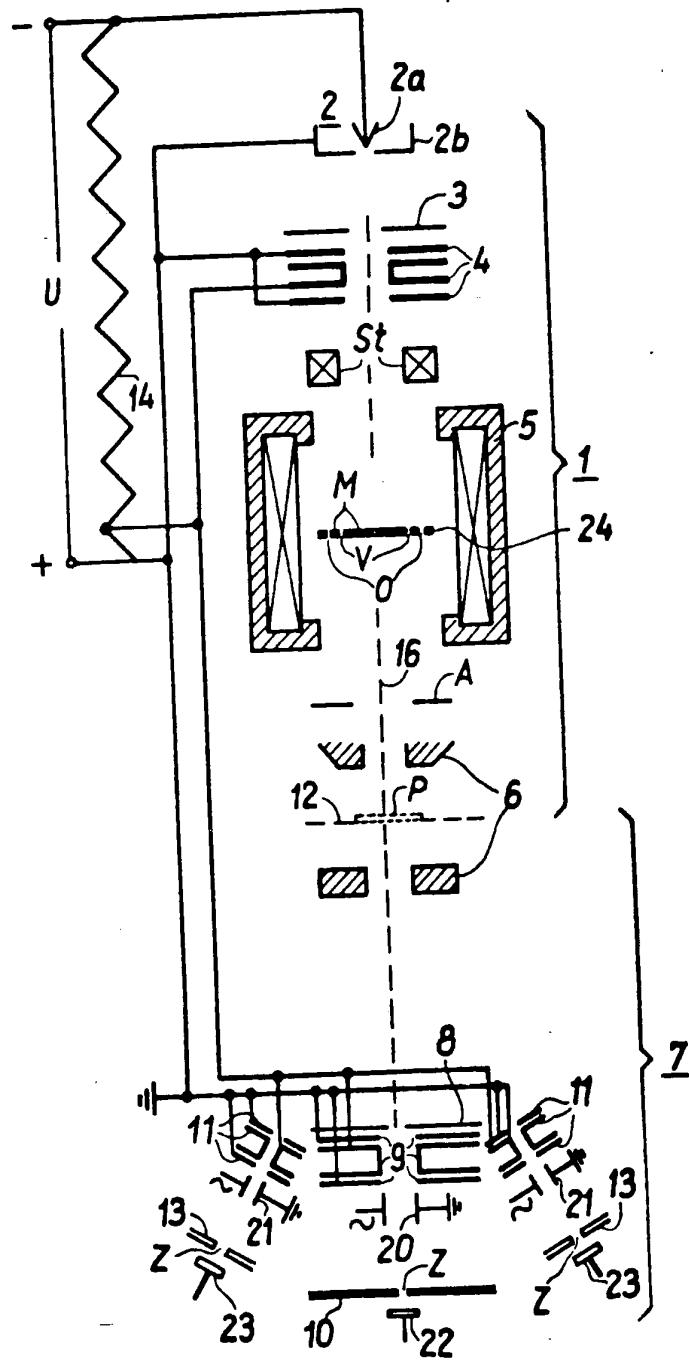


Fig. 2

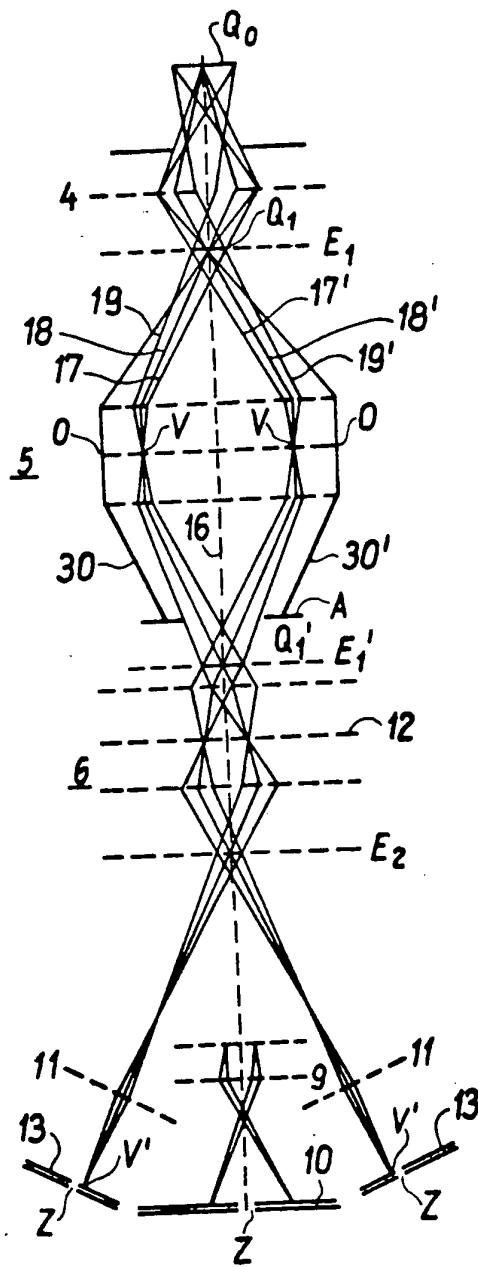


Fig. 3

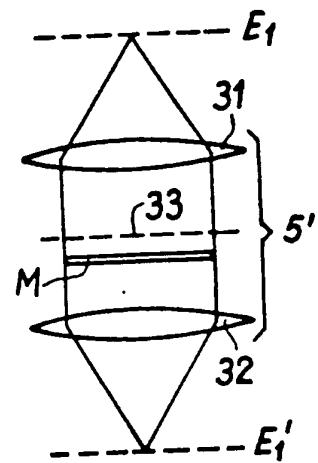


Fig. 4

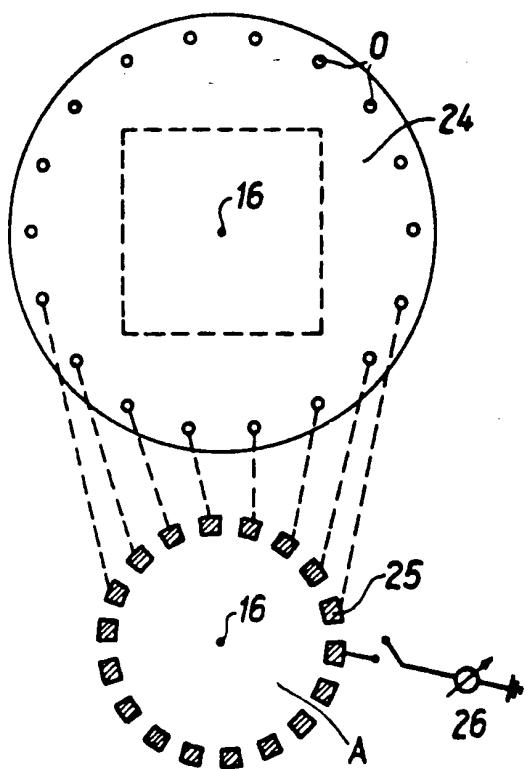


Fig. 5a

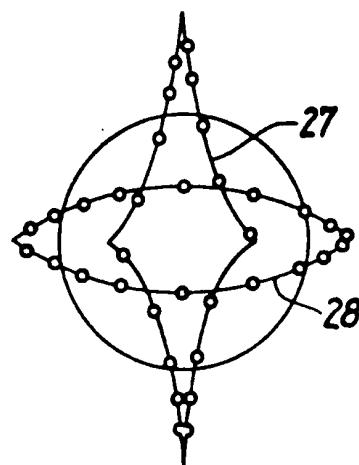


Fig. 5b

